

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
23. Dezember 2004 (23.12.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/111279 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C21D 8/02

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/006170

(22) Internationales Anmeldedatum:  
8. Juni 2004 (08.06.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 27 383.2 18. Juni 2003 (18.06.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): SMS DEMAG AKTIENGESellschaft  
[DE/DE]; Eduard-Schloemann-Strasse 4, 40237 Düssel-  
dorf (DE). ACERIA COMPACTA DE BIZKAIA S.A.  
[ES/ES]; C/Chávarri, N°6, E-48910 Sestao (ES).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HENSGER,  
Karl-Ernst [DE/DE]; Sandweg 35, 40468 Düssel-  
dorf (DE). HENNIG, Wolfgang [DE/DE]; Schelmra-  
ther Strasse 49, 41469 Neuss (DE). BÖCHER, Tillmann  
[DE/DE]; Eduard-Schloemann-Strasse 66, 40237 Düs-  
seldorf (DE). BILGEN, Christian [DE/DE]; Karlsruher  
Strasse 19, 40229 Düsseldorf (DE).

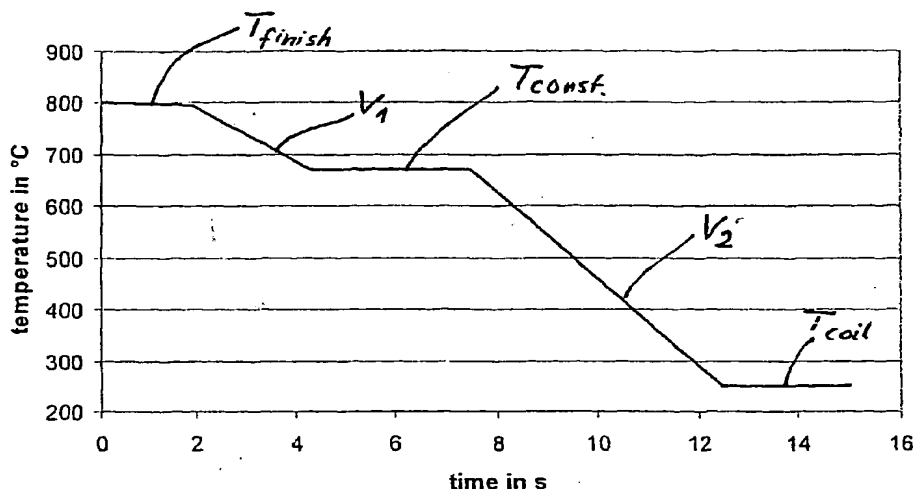
(74) Anwalt: VALENTIN, Ekkehard; Valentin, Gihlske,  
Grosse Hammerstrasse 2, 57072 Siegen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND INSTALLATION FOR THE PRODUCTION OF HOT-ROLLED STRIP HAVING A DUAL-PHASE  
STRUCTURE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANLAGE ZUR HERSTELLUNG VON WARMBAND MIT DUALPHASENGEFÜGE



(57) Abstract: The aim of the invention is to be able to produce dual-phase steels under local conditions even in the existing cooling section of a continuous casting and rolling plant by means of controlled cooling of the hot-rolled strip in two cooling stages following the forming process. Said aim is achieved by respecting the chemical composition of the initial steel within precisely defined limits and cooling in two stages from a finished rolled strip temperature  $T_{\text{finish}}$  of  $A_3 - 100\text{K} < T_{\text{finish}} < A_3 - 50\text{K}$  to a coiling strip temperature  $T_{\text{coiling}}$  of  $< 300^\circ\text{C}$  ( $<$  initial martensite temperature), the cooling speed  $V_{1,2}$  in both cooling stages ranging between 30 and 150 K/s, preferably between 50 and 90 K/s. The first cooling stage is carried out until the cooling curve enters the ferrite range, whereupon the heat released by the transformation of the austenite into ferrite is used for isothermally holding the obtained strip temperature  $T_{\text{const}}$  during a holding time of  $= 5\text{ s}$  until the beginning of the second cooling stage.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**(57) Zusammenfassung:** Um die Herstellung von Dualphasenstählen durch eine gesteuerte Abkühlung des Warmbandes in zwei Kühlstufen nach der erfolgten Umformung auch in der vorhandenen Kühlstrecke einer Gießwalzanlage mit den örtlichen Gegebenheiten durchführen zu können, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, neben der Einhaltung der chemischen Zusammensetzung des Ausgangsstahls in genau definierten Grenzen die zweistufige Kühlung von einer Endwalz-Bandtemperatur  $T_{\text{finish}}$  mit  $A_3 - 100 \text{ K} < T_{\text{finish}} < A_3 - 50 \text{ K}$  auf eine Haspel-Bandtemperatur  $T_{\text{cooling}} < 300 \text{ °C}$  ( $<$  Martensit-Starttemperatur) durchzuführen, wobei die Abkühlgeschwindigkeit  $V_{1,2}$  in beiden Kühlstufen zwischen  $V = 30 - 150 \text{ K/s}$ , vorzugsweise zwischen  $V = 50 - 90 \text{ K/s}$  liegt, wobei die erste Kühlstufe bis zum Eintritt der Kühlkurve in das Ferritgebiet durchgeführt wird und dann die durch Umwandlung des Austenits in Ferrit freigesetzte Umwandlungswärme zum isothermen Halten der erreichten Bandtemperatur  $T_{\text{const.}}$  mit einer Haltezeit  $\leq 5 \text{ s}$  bis zum Beginn der zweiten Kühlstufe genutzt wird.

## **Verfahren und Anlage zur Herstellung von Warmband mit Dualphasengefüge**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Warmband mit einem Dualphasengefüge aus Ferrit und Martensit, wobei mindestens 70 % des Austenits in Ferrit umgewandelt sind, aus dem warmgewalzten Zustand durch eine kontrollierte zweistufige Abkühlung nach dem Fertigwalzen auf eine Bandtemperatur unterhalb der Martensit-Starttemperatur in einer Kühlstrecke aus mit Abstand hintereinander angeordneten Wasserkühlgruppen.

Die gezielte Gefügeumwandlung durch eine gesteuerte Abkühlung der Stähle ist bekannt, wobei zur Herstellung von Dualphasenstählen diese gesteuerte Abkühlung zeitlich nach der erfolgten Umformung des Warmbandes durchgeführt wird. Die Einstellung des erreichbaren Dualphasengefüges hängt dabei wesentlich von den anlagentechnisch möglichen Abkühlgeschwindigkeiten und der chemischen Zusammensetzung des Stahles ab. Wichtig ist dabei in jedem Fall eine ausreichende Ferritbildung von mindestens 70 % in der ersten Kühlstufe. Während dieser ersten Kühlstufe sollte dabei eine Umwandlung des Austenits in der Perlitstufe vermieden werden.

Die Kühlkapazität der an die erste Kühlstufe anschließenden zweiten Kühlstufe muss so groß sein, dass Haspeltemperaturen unterhalb der Martensit-Starttemperatur erreicht werden. Nur dann ist die Bildung eines Dualphasengefüges mit ferritischen und martensitischen Bestandteilen sichergestellt.

Die bekannte Herstellung von Dualphasenstählen ist unproblematisch bei kleinen Bandgeschwindigkeiten bzw. bei ausreichend langen Kühlstrecken. Bei sehr hohen Bandgeschwindigkeiten kann allerdings der Beginn der zweiten Kühlstufe so weit in der vorhandenen Kühlstrecke verschoben sein, dass die anschließende Martensitbildung nur noch unvollkommen erfolgt oder gänzlich ausbleibt. Es entsteht dann ein Mischgefüge aus Ferrit, Bainit und Anteilen an

Martensit, das die angestrebten mechanischen Eigenschaften reiner Dualphasengefüge nicht erreicht.

In der EP 0 747 495 B1 wird ein Verfahren zur Herstellung von Stahlblech hoher Festigkeit beschrieben mit einer Struktur von wenigstens 75 % Ferrit, wenigstens 10 % Martensit und gegebenenfalls Bainit und Restaustenit. Es handelt sich demnach nicht um ein Gefüge reiner Dualphasenstähle. Als Legierung wird ein mit Niob mikrolegierter Stahl verwendet. Zu seiner Herstellung wird das warmgewalzte Stahlblech gezielt gekühlt, wobei einer langsamen Abkühlung eine schnelle Abkühlung folgt oder alternativ der langsamen Abkühlung zunächst eine schnelle Abkühlung vorangestellt wird. Für die erste Kühlstufe wird eine Abkühlgeschwindigkeit von 2 bis 15 °C/s innerhalb einer Zeitspanne von 8 bis 40 Sekunden Abkühldauer bis zu einer Endtemperatur zwischen dem  $A_{r1}$  – Punkt und 730 °C angegeben. Die zweite Kühlstufe wird mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 20 bis 150 °C/s bis zu einer Temperatur von 300 °C geführt. Die alternativ der langsamen Abkühlung vorangestellte schnelle Abkühlung wird mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 20 bis 150 °C/s bis unterhalb des  $A_{r3}$  – Punktes geführt.

In der EP 1 108 072 B1 wird ein Verfahren zur Herstellung von Dualphasenstählen beschrieben, bei dem nach dem Fertigwalzen mit einer zweistufigen Abkühlung – zunächst langsam, dann schnell –, ein zweiphasiges Gefüge aus 70 bis 90 % Ferrit und 30 bis 10 % Martensit erreicht wird. Die erste (langsame) Kühlung wird in einer Kühlstrecke durchgeführt, in der das Warmband durch mit Abstand hintereinander angeordneten Wasserkühlzonen mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 20 – 30 K/s definiert gekühlt wird. Die Abkühlung ist dabei so eingestellt, dass die Abkühlkurve mit einer noch so hohen Temperatur in das Ferritgebiet einläuft, dass die Ferritbildung schnell erfolgen kann. Diese erste Kühlung wird so lange fortgesetzt, bis mindestens 70 % des Austenits in Ferrit umgewandelt sind, bevor die weitere (schnelle) Abkühlung unmittelbar und ohne Haltezeit anschließt.

Ausgehend von diesem geschilderten Stand der Technik mit den aufgezeigten verschiedenen Möglichkeiten der Herstellung von Dualphasengefüge ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Anlage anzugeben, mit der bzw. in der die Herstellung von Warmband mit Dualphasengefüge in einer konventionellen Gießwalzanlage mit den dort gegebenen örtlichen und damit auch zeitlichen Beschränkungen durchführbar ist. Die Kühlstrecke einer solchen Anlage ist dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtlänge in aller Regel 50 m nicht überschreitet und keine Kompaktkühlung vorgesehen ist.

Diese Aufgabe wird verfahrensmäßig mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass ausgehend von einem Stahl mit der chemischen Zusammensetzung: 0,01 – 0,08% C, 0,9 % Si, 0,5 – 1,6 % Mn, 1,2 % Al, 0,3 – 1,2 % Cr, Rest Fe sowie übliche Begleitelemente, zur Erzielung eines Warmbandes mit einem zweiphasigen Gefüge aus 70 bis 95 % Ferrit und 30 bis 5 % Martensit mit hoher mechanischer Festigkeit und hohem Umformvermögen (Zugfestigkeit größer 600 MPa, Bruchdehnung mindestens 25 %) in der Kühlstrecke einer Gießwalzanlage die zweistufige kontrollierte Kühlung von einer Endwalz-Bandtemperatur  $T_{\text{finish}}$  mit  $A_3 - 100 \text{ K} < T_{\text{finish}} < A_3 - 50 \text{ K}$  auf eine Haspel-Bandtemperatur  $T_{\text{coiling}} < 300 \text{ °C}$  ( $< \text{Martensit-Starttemperatur}$ ) durchgeführt wird, wobei die Abkühlgeschwindigkeit  $V_{1,2}$  in beiden Kühlstufen zwischen  $V = 30 - 150 \text{ K/s}$ , vorzugsweise zwischen  $V = 50 - 90 \text{ K/s}$  liegt, die erste Kühlstufe bis zum Eintritt der Kühlkurve in das Ferritgebiet durchgeführt wird und dann die durch Umwandlung des Austenits in Ferrit freigesetzte Umwandlungswärme zum isothermen Halten der erreichten Bandtemperatur mit einer Haltezeit 5 s bis zum Beginn der zweiten Kühlstufe genutzt wird.

Auf Grund der geringen Länge konventioneller Kühlstrecken in vorhandenen Gießwalzanlagen ist die Herstellung von Warmband mit Dualphasengefüge nur mit einer speziellen Kühlstrategie möglich. Damit eine derartige Kühlstrategie auch durchführbar ist, ist die Einhaltung von bestimmten Grenzwerten der chemischen Zusammensetzung, wie im Anspruch 1 aufgelistet, zwingend erforder-

lich, um innerhalb der zur Verfügung stehenden kurzen Kühlgesamtzeit den gewünschten Umwandlungsgrad zu erreichen.

Die Kühlstrategie sieht dabei eine zweistufige Kühlung mit wahlweise unterschiedlichen Abkühlgeschwindigkeiten vor, die durch eine isothermische Haltezeit von maximal 5 Sekunden unterbrochen wird. Der Beginn der Haltezeit, dies entspricht dem Ende der ersten Kühlstufe, wird bestimmt durch den Eintritt der Kühlkurve in das Ferritgebiet bzw. dem Beginn der Austenitumwandlung in Ferrit. In der kurzen isothermischen Kühlpause von maximal 5 Sekunden, während der erfindungsgemäß die freigesetzte Umwandlungswärme zum Halten der Temperatur auf einen konstanten Wert genutzt und dabei eine unvermeidliche Luftabkühlung kompensiert wird, erfolgt der gesamte angestrebte Umsatz des Austenits zu mindestens 70 % Ferrit. Anschließend an diese Haltezeit folgt dann unmittelbar die zweite Kühlstufe mit einer Abkühlung des Warmbandes auf eine Temperatur unterhalb von 300 °C. Da diese Temperatur unterhalb der Martensit-Starttemperatur liegt, wird bei dieser Kühlung dann mit Martensit der zweite Gefügebestandteil in gewünschter Höhe erhalten.

Neben der Durchführung einer kurzen Haltezeit wird die Kühlstrategie durch eine genau definierte vorgegebene Abkühlgeschwindigkeit für beide Abkühlstufen bestimmt. Diese Abkühlgeschwindigkeit liegt zwischen  $V = 30 - 150$  K/s, vorzugsweise zwischen  $V = 50 - 90$  K/s, abhängig von der Warmbandgeometrie sowie der chemischen Zusammensetzung der eingesetzten Stahlsorte. Zu diesen Abkühlgeschwindigkeiten ist zu bemerken, dass eine Abkühlgeschwindigkeit kleiner 30 K/s wegen der geringen zur Verfügung stehenden Zeit in der konventionellen Kühlstrecke einer Gießwalzanlage nicht möglich ist, während Abkühlgeschwindigkeiten größer 150 K/s in derartigen Kühlstrecken ebenfalls nicht zu erreichen sind.

Im Vergleich zur Herstellung von Dualphasen-Warmband nach dem Stand der Technik zeichnet sich das erfindungsgemäße Verfahren neben einer abwei-

chenden chemischen Zusammensetzung des Ausgangsstahls dadurch aus, dass

- a) die Endwalztemperatur deutlich unterhalb der  $A_3$ -Temperatur liegt,
- b) in der zweiten Kühlstufe bis zu einer Temperatur unterhalb von 300 °C gekühlt wird,
- c) die Abkühlgeschwindigkeiten unterhalb von 150 K/s und oberhalb von 30 K/s liegen,
- d) zwischen den beiden Kühlstufen eine mit maximal 5 Sekunden sehr kurze Haltezeit liegt, in der keine Kühlung erfolgt,
- e) die Umwandlung zu Ferrit isotherm erfolgt.

Eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens der Erfindung ist gekennzeichnet durch eine hinter dem letzten Fertigwalzgerüst angeordnete konventionelle Kühlstrecke einer Gießwalzanlage, die mehrere mit Abstand hintereinander angeordnete regelbare Wasserkühlgruppen mit Wasserkühlbalken aufweist. Die in jeder Kühlgruppe vorhandenen Kühlbalken sind so angeordnet, dass die Bandoberseite und die Bandunterseite des Warmbandes gleichmäßig mit einer bestimmten Wassermenge beaufschlagt werden. Die Gesamtwassermenge ist regelbar, indem einzelne Kühlbalken während des Walzens zu- oder abgeschaltet werden. Die Anzahl und Anordnung der zugeschalteten Wasserkühlbalken kann variabel vorab eingestellt werden, um die gesamte Kühlstrecke optimal an die einzustellenden Abkühlbedingungen anzupassen

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Eigenschaften der Erfindung werden nachfolgend an einem in schematischen Zeichnungsfiguren dargestellten Ausführungsbeispiel näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1            eine Zeit-Temperatur-Abkühlkurve eines Warmbandes,

- Fig. 2 ein Layout einer Kühlstrecke in einer Gießwalzanlage mit 6-gerüstiger Fertigstraße,
- Fig. 3 ein Layout einer Kühlstrecke in einer Gießwalzanlage mit 7-gerüstiger Fertigstraße.

In Figur 1 ist eine Abkühlkurve mit dem Zeit-Temperaturverlauf eines Warmbandes beispielhaft dargestellt, das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren auf dem Auslaufrollgang in einer Kühlstrecke 1 gekühlt wurde. Das Warmband mit der Zusammensetzung: 0,06 % C, 0,1 % Si, 1,2 % Mn, 0,015 % P, 0,06 % S, 0,036 % Al, 0,15 % Cu, 0,054 % Ni, 0,71 % Cr, Rest Fe sowie übliche Begleitelemente wurde von einer eingestellten Endwalztemperatur  $T_{\text{finish}}$  von 800 °C in einer ersten Kühlstufe mit einer Abkühlgeschwindigkeit  $V_1$  von 54 K/s auf eine Temperatur des Warmbandes von 670 °C abgekühlt, bei der die Kühlkurve in das Ferritgebiet eintrat. Während einer Haltezeit von etwa 4 Sekunden blieb die Warmbandtemperatur bei dieser Haltetemperatur  $T_{\text{const.}}$ , bevor in einer zweiten Kühlstufe mit einer Abkühlgeschwindigkeit  $V_2$  von 84 K/s auf eine Bandtemperatur unterhalb von 300 °C (ca. 250 °C Haspeltemperatur) fertig gekühlt wurde. An dem nach diesem Verfahren hergestellten Warmband mit einem Dualphasengefüge im angestrebten Bereich von mindestens 70 % Ferrit und weniger als 20 % Martensit wurde in Versuchen eine Zugfestigkeit von 620 MPa in Kombination mit einem Streckgrenzenverhältnis von 0,52 ermittelt.

In Figur 2 ist beispielhaft das Layout einer erfindungsgemäß ausgebildeten Kühlstrecke 1 einer konventionellen Gießwalzanlage dargestellt. Die vom Warmband 10 in Transportrichtung 8 durchlaufene Kühlstrecke 1 befindet sich zwischen dem letzten Fertiggerüst 2 und dem Haspel 5. Zwischen dem letzten Fertiggerüst 2 und der ersten Wasserkühlgruppe 3<sub>1</sub> befindet sich eine Temperaturmessstelle 6 zur Kontrolle der Temperatur des in die Kühlstrecke 1 einlaufenden Warmbandes 10. Die Kühlstrecke 1 besteht gemäß Fig. 2 aus insgesamt acht Kühlgruppen 3<sub>1-7</sub> und 4, wobei die letzte häufig als Trimmzone 4 ausgeführt ist. Allgemeiner – abhängig von der jeweiligen Gießwalzanlage – gehö-



ren zwischen sechs und neun Kühlgruppen zu einer konventionellen Kühlstrecke.

Im dargestellten Beispiel der Fig. 2 handelt es sich um das typische Layout einer Kühlstrecke für eine 6-gerüstige Gießwalzanlage, was an der Lücke zwischen den Kühlgruppen 3<sub>7</sub> und 4 zu erkennen ist. Der spätere Ausbau auf eine 7-gerüstige Fertigstraße bedingt häufig, dass beispielsweise die erste Kühlgruppe (Kühlzone) 3<sub>1</sub> nach hinten in die bauliche Lücke zwischen den Kühlgruppen 3<sub>7</sub> und 4 versetzt werden muss. In diesem Fall ergibt sich ein Layout einer Kühlstrecke 1' gemäß Figur 3, die sich lediglich durch den Wegfall dieser baulichen Lücke zwischen den Kühlgruppen 3<sub>7</sub> und 4 vom Layout der Kühlstrecke 1 der Fig. 2 unterscheidet. Die Bezugszeichen der einzelnen Konstruktionsteile und Baugruppen der Fig. 3 entsprechen deshalb den entsprechenden Bezugszeichen der Fig. 2. Eine Ausnahme bildet die erste Kühlgruppe 3<sub>1</sub>', deren oberer Kühlbalken im Gegensatz zum Kühlbalken der Kühlgruppe 3<sub>1</sub> der Fig. 2 in üblicher Länge der Kühlgruppen 3<sub>2</sub> bis 3<sub>7</sub> ausgebildet ist.

In aller Regel weist jede Kühlgruppe jeweils vier Kühlbalken sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite auf. Jeder Kühlbalken wiederum besteht aus zwei Reihen an Wasserröhrchen zur Kühlung von Bandoberseite 10' und Bandunterseite 10". Als Besonderheit ist die in Figur 2 dargestellte Kühlgruppe 3<sub>1</sub> aus Platzgründen auf der Oberseite um einen Kühlbalken gekürzt.

Im Unterschied zu den vorderen Kühlgruppen 3<sub>1-7</sub>, welche pro Kühlbalken ein schaltbares Ventil 7 besitzen, weist die Trimmzone 4 für jeden Balken zwei Ventile 7 auf. Dies bedeutet, dass in der Trimmzone jede Reihe an Kühlröhrchen einzeln angesteuert werden kann und sich somit die Wassermenge feiner regeln lässt.

Je nach gewalzter Fertigbanddicke ändert sich die Auslaufgeschwindigkeit des Bandes aus der Fertigstraße und dementsprechend muss die Fahrweise der Kühlstrecke angepasst werden, um die zur Einstellung der Bandeigenschaften

erforderliche Zeit-Temperaturführung einstellen zu können. Für eine Banddicke von beispielsweise 3 mm wird die erste notwendige Kühlstufe mit den Kühlgruppen  $3_1$  und  $3_2$  erreicht, während die zweite Kühlstufe mit den Gruppen  $3_5$ ,  $3_6$ ,  $3_7$  und 4 realisiert wird. Bei einem 2.0 mm Fertigband werden aufgrund der geänderten Randbedingungen nur noch die Kühlgruppen  $3_6$ ,  $3_7$  und 4 für die zweite Kühlstufe eingesetzt.

**Bezugszeichenliste**

1	Kühlstrecke
2	letztes Fertiggerüst
3 <sub>1-7</sub>	Wasserkühlgruppen
4	Wasserkühlgruppe (Trimmzone)
5	Haspel
6	Temperaturmessstelle
7	schaltbares Ventil
8	Transportrichtung
10	Warmband
10'	Bandoberseite
10''	Bandunterseite
V <sub>1</sub>	Abkühlgeschwindigkeit der ersten Kühlstufe
V <sub>2</sub>	Abkühlgeschwindigkeit der zweiten Kühlstufe
T <sub>finish</sub>	Bandtemperatur nach dem letzten Fertiggerüst
T <sub>const.</sub>	Bandtemperatur nach der Haltezeit
T <sub>coiling</sub>	Bandtemperatur nach Ende der Kühlung (Coiltemperatur)

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Warmband (10) mit einem Dualphasengefüge aus Ferrit und Martensit, wobei mindestens 70 % des Austenits in Ferrit umgewandelt sind, aus dem warmgewalzten Zustand durch eine kontrollierte zweistufige Abkühlung nach dem Fertigwalzen auf eine Bandtemperatur unterhalb der Martensit-Starttemperatur in einer Kühlstrecke (1, 1') aus mit Abstand hintereinander angeordneten Wasserkühlgruppen (3<sub>1-7</sub>, 4),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass ausgehend von einem Stahl mit der chemischen Zusammensetzung: 0,01 – 0,08% C, 0,9 % Si, 0,5 – 1,6 % Mn, 1,2 % Al, 0,3 – 1,2 % Cr, Rest Fe sowie übliche Begleitelemente, zur Erzielung eines Warmbandes (10) mit einem zweiphasigen Gefüges aus 70 bis 95 % Ferrit und 30 bis 5 % Martensit mit hoher mechanischer Festigkeit und hohem Umformvermögen (Zugfestigkeit größer 600 MPa, Bruchdehnung mindestens 25 %) in der Kühlstrecke einer Gießwalzanlage:
  - a) die zweistufige kontrollierte Kühlung von einer Endwalz-Bandtemperatur  $T_{\text{finish}}$  mit  $A_3 - 100 \text{ K} < T_{\text{finish}} < A_3 - 50 \text{ K}$  auf eine Haspel-Bandtemperatur  $T_{\text{coiling}} < 300 \text{ °C}$  (< Martensit-Starttemperatur) durchgeführt wird, wobei die Abkühlgeschwindigkeit  $V_{1,2}$  in beiden Kühlstufen zwischen  $V = 30 - 150 \text{ K/s}$ , vorzugsweise zwischen  $V = 50 - 90 \text{ K/s}$  liegt,
  - b) die erste Kühlstufe bis zum Eintritt der Kühlkurve in das Ferritgebiet durchgeführt wird und dann die durch Umwandlung des Austenits in Ferrit freigesetzte Umwandlungswärme zum isothermen Halten der erreichten Bandtemperatur  $T_{\text{const.}}$  mit einer Haltezeit 5 s bis zum Beginn der zweiten Kühlstufe genutzt wird.
2. Gießwalzanlage zur Herstellung von Warmband (10) mit Dualphasengefüge aus dem warmgewalzten Zustand mit einer hinter dem letzten Fertigwalzge-

rüst (2) angeordneten Kühlstrecke (1, 1') mit mehreren mit Abstand hintereinander angeordneten Wasserkühlgruppen (3<sub>1-7</sub>, 4), zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Kühlstrecke (1, 1') eine für konventionelle Gießwalzanlagen übliche Länge (< 50 m) aufweist, innerhalb der eine entsprechende Anzahl von regelbaren Wasserkühlgruppen (3<sub>1-7</sub>, 4) so angeordnet sind, dass durch eine angepasste Fahrweise der gesamten Kühlstrecke in Abhängigkeit von der Banddicke und der Bandgeschwindigkeit die benötigte Abkühlgeschwindigkeit ( $V_{1,2}$ ) jeder Kühlstufe eingestellt sowie die benötigte Haltezeit bei der Bandtemperatur  $T_{\text{const}}$  zwischen den beiden Kühlstufen realisiert werden kann.

3. Gießwalzanlage nach Anspruch 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass jede Wasserkühlgruppe (3<sub>1-7</sub>, 4) mehrere über schaltbare Ventile (7) regelbare Kühlbalken enthält, die so angeordnet sind, dass die Bandoberseite (10') und die Bandunterseite (10'') des durchlaufenden Warmbandes (10) gleichmäßig mit einer bestimmten Wassermenge beaufschlagt werden, wobei die Wassermengen für die Bandoberseite (10') und die Bandunterseite (10'') auch gegeneinander vertrimmbar sind.

4. Gießwalzanlage nach Anspruch 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die letzte Wasserkühlgruppe (4) zur Kühlung der Bandoberseite (10') und der Bandunterseite (10'') jeweils acht schaltbare Ventile (7) für vier Kühlbalken oben und unten zur genaueren Einstellung der Wassermenge aufweist.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**